

COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS
COMMENTS AND DISCUSSIONS

Méthode graphique pour le calcul des cheminées d'équilibre

Graphical method for calculating surge-tanks

English synopsis, p. 107.

La méthode développée par MM. BOUVARD et MOLBERT dans le numéro septembre-octobre 1950 de *la Houille Blanche*, est due à A. SCHOKLITSCH, professeur à Bruenn. SCHOKLITSCH l'a exposée dans un article de la *Schweizerische Bauzeitung* (vol. 79, 1923/I, p. 129-146). Cet exposé a été repris dans le grand traité de Constructions hydrauliques *Der Wasserbau* (1930), par le même auteur (traduction anglaise par L. O. STRAUB, *Hydraulic Structures*). En mentionnant SCHOKLITSCH, il ne faut pas oublier les contributions de BRAUN (1921) et MUEHLHOFER (1925). Les articles de SCHIFFMANN et DEL FELICE sont de beaucoup postérieurs aux travaux originaux que nous mentionnons.

Il y a nombre d'années que l'intérêt de la méthode SCHOKLITSCH avait été reconnu; de 1943 à 46, elle fit partie du programme d'un cours d'hydraulique technique de l'Ecole Polytechnique Fédérale (Zurich). MM. BOUVARD et MOLBERT ont certainement raison de lui consacrer un article d'ensemble et de mettre en valeur sa souplesse (1).

D'autres arguments militent en faveur de la méthode en question. Nous pensons qu'il est utile de les mentionner ici.

a) Il est possible d'introduire dans le calcul de SCHOKLITSCH une courbe auxiliaire représentant la loi réelle du régulateur des turbines (2). En général, cette loi est du type :

$$Q\Delta t = \frac{\eta_0}{\eta} \frac{Q_0 H_0}{H + z} \Delta t,$$

exceptionnellement :

$$Q\Delta t = f_c \sqrt{2g(H + z)} \Delta t$$

où Q est un débit, H la hauteur de chute brute, $H + z$ la pression à la turbine à l'instant t , H_0 la hauteur de chute nette en régime permanent, η un coefficient de rendement et f_c la section efficace des tuyères, vannes ou aubes.

Nous avons indiqué ailleurs (3) qu'on peut même tenir compte, dans cette courbe auxiliaire, des pertes de charge dans la conduite forcée,

* N.D.L.R. — Cf. *la Houille Blanche*, n° 5, 1950, p. 535.

(1) Ch. JAEGER : *Technische Hydraulik*. Birkhaeuser, Basel, 1949, p. 232-245, où les exemples A, B, C, D et la galerie en V de MM. BOUVARD et MOLBERT sont traités. Une traduction française de l'ouvrage *Technische Hydraulik* est en préparation.

(2) Ch. JAEGER : *Technische Hydraulik*, p. 235. Voir aussi pp. 210-231.

(3) Ch. JAEGER : De la stabilité des chambres d'équilibre et des systèmes de chambre d'équilibre.

Schweiz. Bauzeitung, Vol. 122, n° 21-25 (1943) et *Technische Hydraulik*, p. 225 et p. 235.

perles de charge qui ont une influence défavorable sur la stabilité du réglage.

On pourrait tout aussi bien tenir compte dans la courbe auxiliaire des éléments qui tendent à favoriser la stabilité du réglage (par exemple certains types d'asservissement) (4).

La méthode graphique de SCHOKLITSCH est probablement la seule qui puisse être utilisée pour le calcul point par point des courbes d'oscillations et l'étude directe des problèmes de stabilité. A notre avis, cette méthode devrait être utilisée parallèlement aux essais sur modèles, dès qu'un problème de stabilité est en jeu.

b) Dans certains cas, l'on est amené à substituer à la chambre unique un système de chambres d'équilibre. Divers systèmes ont été proposés : chambres situées d'un même côté de la turbine, branchées sur la galerie d'amenée principale ou interconnectées par une chambre inférieure, chambres situées de part et d'autre de la turbine, etc. (5). Le calcul de ces systèmes de chambre, souvent laborieux, serait difficilement possible sans la méthode graphique en question qui seule permet d'aborder le calcul de la stabilité des systèmes de chambres.

Telles sont les raisons qui nous ont fait adopter cette méthode pour l'enseignement de l'hydraulique technique, en lui donnant le pas sur d'autres méthodes moins souples, quoique très élégantes (méthodes de BRAUN, CALAME, GADEN et ESCANDE).

Il ne fait aucun doute que le principe de calcul est dû à SCHOKLITSCH, quoique cet auteur n'ait pas jugé opportun de généraliser sa méthode. Nous proposons donc de la mentionner sous le nom de « Méthode de SCHOKLITSCH », tout comme on parle de la « Méthode de CALAME et GADEN » lorsqu'on utilise une méthode faisant intervenir rayons et centres de courbure (méthode reprise par M. L. ESCANDE) ou de la méthode SCHNYDER-BERGERON pour l'étude graphique des coups de bélier.

DR. CHARLES JAEGER.

Avant de publier ces remarques du Dr. JAEGER, nous en avons, bien entendu, fait part aux auteurs, MM. BOUVARD et MOLBERT.

Ces derniers nous ont alors adressé la petite note que nos lecteurs trouveront ci-dessous et dans laquelle ils précisent leur point de vue.

Nous remercions M. JAEGER des précisions qu'il nous a données sur les origines des bases de

(4) M. GUÉNOD et A. GARDEL : Stabilisation des oscillations des chambres d'équilibre par asservissement temporaire de la puissance électrique à la pression hydraulique. *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, Vol. 76, n° 16, 12 août 1950.

(5) Ch. JAEGER : *Technische Hydraulik*, pp. 203-256 et pp. 240-245, et *Schweiz. Bauzeitung*, Vol. 122 (1943).

la méthode graphique traitée dans notre précédent article *, et des nombreuses références concernant les développements que lui-même a consacrés à la méthode SCHOKLITSCH dans son livre *Technische Hydraulik*. Nous n'avions pas eu cet ouvrage sous les yeux au moment de la publication de notre étude, de sorte que nous n'aurions pu le citer parmi les auteurs ayant exposé ou développé cette question. De toutes façons, nous nous étions bornés à indiquer la référence des documents que nous avons utilisés, sans chercher à établir une véritable bibliographie.

Les différents commentaires de cette méthode (ceux dont nous sommes partis, de MM. SCHIFFMAN et DEL FELICE, et ceux plus récents de M. JAEGER), en développent, de façon d'ailleurs assez voisine, le côté théorique à l'aide des équations classiques. Nous nous sommes efforcés plutôt de faire une mise au point du procédé, afin de le rendre facilement utilisable dans la pratique.

En effet, il y a souvent loin de la recherche simple d'un point (c'est d'ailleurs ainsi que M. JAEGER a traité nos exemples A - B - C - D) à la construction complète d'une épure; nous nous en sommes aperçus, à nos dépens, dans les cas pratiques que nous avons eu à résoudre. C'est dans cet esprit que nous avons accompagné chaque chapitre, relatif à un type de cheminée d'équilibre, d'une épure complète tirée de l'étude d'un aménagement existant ou en projet.

Au cours des premières épures que nous avons faites en appliquant intégralement la méthode SCHOKLITSCH, d'après l'article de DEL FELICE, nous avons vite constaté que, apparemment simple, elle était assez difficile à manier dans la pratique. C'est pourquoi nous avons été conduits peu à peu, tout en conservant bien entendu le principe de base, à modifier la méthode dans le but de la simplifier et de supprimer certains des inconvénients qu'elle nous semblait présenter.

Ainsi par exemple :

— Le simple fait de prendre comme variables les débits au lieu des vitesses simplifie grandement la construction et la rend beaucoup plus intuitive, car on applique ainsi, en quelque sorte, visuellement l'équation de continuité :

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.$$

Cette modification devient presque indispensable dans les cas plus complexes des galeries en Y ou de n cheminées branchées sur une même galerie d'amenée.

* N.D.L.R. — La deuxième partie de l'article de MM. BOUVARD et MOLBERT sera publiée dans un très prochain numéro.

— L'axe mobile permet de traiter aussi facilement le cas des manœuvres lentes que le cas des manœuvres instantanées et ceci quel que soit le type de cheminée. Le cas des manœuvres lentes est traité de façon peu satisfaisante par les divers commentateurs de SCHOKLITSCH.

— Pour simplifier notre exposé, nous avons été conduits à introduire la notion de hauteur accélératrice, grandeur particulièrement pratique, car elle matérialise l'état de déséquilibre du système. La théorie des cheminées d'équilibre se résume, somme toute, dans cette simple loi : « Les variations de débit, durant des intervalles de temps égaux, sont proportionnelles à la hauteur accélératrice. » C'est ainsi que nous avons pu développer, sans aucun calcul, le cas relativement complexe des galeries en Y (et ce cas

particulier des galeries en Y, à savoir les galeries en V, traité par M. JAEGER).

— Enfin, nous avons été conduits, dans toutes nos épures, à proposer la méthode de deuxième approximation qui les complique un peu, mais s'avère indispensable si on veut obtenir un résultat rigoureux. Dans le cas où plusieurs cheminées sont insérées sur la galerie d'amenée, la méthode de première approximation peut conduire à des résultats complètement erronés.

Il est bien évident, néanmoins, que toutes ces modifications ne changent pas les bases définies par SCHOKLITSCH, et, ainsi que le propose M. JAEGER, il serait logique de donner à cette méthode le nom de *Méthode Schoklitsch*.

M. BOUVARD.

J. MOLBERT.

